VISIT…

LANZAROTE Caliente.com

Культивирование шиитаке: интенсивная технология

В. Гуржий, «Грибной Дом», г. Харьков



Рис. 2. Блоки на стеллажах расставляют поодиночке, чтобы грибы могли образовываться со всех сторон

Для культивирования шиитаке по интенсивной технологии используют субстраты, состоящие из нескольких компонентов, но основу обязательно должны составлять щепа и опилки древесины лиственных пород и (или) солома злаковых культур. Для повышения питательности в субстрат вводят добавки (отруби или зерно, сено бобовых трав, отходы пищевой промышленности и сельского хозяйства), а для улучшения физических свойств применяют минеральные добавки (мел или гипс). Композиций субстратных смесей существует множество, так как на соотношение компонентов влияют их качественные характеристики. Шиитаке является слабым конкурентом другим микроорганизмам, поэтому субстрат готовят по стерильной технологии и в дальнейшем весь технологический процесс происходит в стерильных условиях или в условиях высокой степени чистоты. Чтобы ускорить процесс культивирования, производство грибов осуществляют в специальных камерах, оборудованных системами поддержания микроклимата. Это позволяет получить выход плодовых тел от 15 до 30–50% от веса свежеприготовленного субстрата за оборот (2–4 месяца).

СУБСТРАТЫ ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ШИИТАКЕ

Для производства грибов используют субстраты, для которых подбирают компоненты только высшего качества. Они должны быть свежими, не поврежденными другими конкурентными организмами. Применяются опилки и стружка деревьев лиственных пород (каштана, дуба, бука, березы, осины, ивы, тополя, клена, ольхи и др.) с оптимальным размером частиц 2–3 мм. Солому злаковых культур измельчают до 1–2 см, при этом влажность исходного материала должна быть минимальной. Примеры субстратных композиций представлены в таблице 1.

Основу и питательную добавку субстрата увлажняют чистой водой до 60–65%, равномерно перемешивают и после этого вносят минераль-

Таблица 1. Варианты субстратных композиций

Вариант	Структура субстратной смеси					
	Основа, %		Питательная добавка, %		Минеральная добавка, %	
№1	Опилки (клен, береза)	80	Отруби, рис, просо	10 10	Гипс	1
№2	Опилки	75	Кукурузная мука	25	Мел	1
№3	Опилки, щепа	50 25	Отруби	20	Гипс	2–5
№4	Опилки (дуб)	80	Отруби, пшеница, просо	10 10	Гипс	1–2
№5	Опилки (сосна, бук)	60 30	Зерно ячменя	10	Мел	1–2
№6	Опилки	70	Отруби пшеницы, отходы чая	10 19	Мел	1
№7	Опилки, очесы хлопка	60 20	Отруби	15	Мел	2–5
№8	Опилки	80	Отруби, зерно пшеницы	10 10	Гипс	1–2
№9	Опилки	87	Отруби,соевая мука	10 3	Мел	1
№10	Солома пшеницы	87	Мука из перьев	3	Гипс	10

ную добавку в таком количестве, при котором pH субстрата составляет 5,5–6. Фасуют субстрат в специальные полипропиленовые пакеты с газообменными фильтрами, в которых и происходит последующая стерилизация.

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СУБСТРАТА

Субстрат для выращивания шиитаке необходимо подвергать термической обработке, чтобы максимально снизить популяцию конкурентных организмов, присутствующих в нем в большом количестве. На качество термообработки влияют: влажность субстрата (в переувлажненном субстрате развиваются бактерии и плесени); плотность (чем выше плотность субстрата, тем лучше теплопередача и, значит, короче время достижения летальной для микроорганизмов температуры); масса блока (чем больше масса, тем длительнее процесс нагрева, а при длительной экспозиции возможна перестерилизация субстрата с образованием токсических продуктов); размещение блоков (между блоками должно быть пространство для циркуляции пара, что обеспечивает равномерность нагрева блоков). Производители шиитаке, как правило, проводят стерилизацию субстрата в автоклавах при повышенном давлении пара (1–2 атм) и температуре 121...125°С (в некоторых странах субстрат обрабатывают в металлических контейнерах при атмосферном давлении и температуре 100°С, при этом время обработки увеличивается до 8–10 ч). Делаются также успешные попытки выращивания шиитаке на пастеризованном субстрате (табл. 2).

Таблица 2. Способы термической обработки субстрата

Вариант обработки	Температура, °С	Время, ч	Количество обработок
Стерилизация дробная	121	1–1,5	2
Стерилизация	121	1,5	1
Атмосферная стерилизация	100	8–10	1
Ксеротермическая	103	2–2,5	1
Пастеризация дробная	75	4	2
Пастеризация дробная	60	16	2
Пастеризация	60	16	1

ИНОКУЛЯЦИЯ

Инокуляцию стерилизованного субстрата проводят в специальном стерильном помещении (инокуляционной, боксе или ламинарном шкафу), в которое подается очищенный воздух ламинарным (однонаправленным) потоком. Воздух проходит несколько степеней очистки. Финишный HEPA-фильтр очищает воздух от частиц 0,3 мкм с точностью до 99,997%. Такого типа фильтры устанавливают в ламинарных шкафах. Температура субстрата перед инокуляцией должна находиться в пределах от 20 до 30°С. Субстрат охлаждают либо в автоклавах (тогда на входе воздуха в автоклав ставят ватный фильтр), либо в боксе, куда подается очищенный через фильтр воздух.

Во время инокуляции пакеты с субстратом открывают и вносят посевной мицелий. После этого пакеты с фильтром быстро запаивают. Перед инокуляцией посевной мицелий измельчают до отдельных зерен. Поверхность пакетов с мицелием протирают 70% спиртом или 10% гипохлоритом натрия. Таким же образом дезинфицируют поверхность рабочего стола или ламинарного шкафа. Рабочий персонал должен быть одет в стерильные халаты, шапочки, бахилы, руки необходимо мыть и дезинфицировать 70% спиртом. Мицелий пересыпают из емкости в пакеты в рабочей зоне ламинарного шкафа. Норма посева — 2–5% мицелия от массы субстрата. Мицелий необходимо распределить в субстрате как можно равномернее для ускорения процесса колонизации. Внесение мицелия в центральный канал увеличивает скорость колонизации субстрата по сравнению с поверхностной инокуляцией.

Для инокуляции используют различные варианты посевного мицелия.

Опилочный мицелий выращивают на смеси опилок и отрубей зерновых культур. Так как мицелий шиитаке уже адаптирован к опилочному субстрату, то он быстро начинает развиваться при посеве



Рис. 1. Стадия коричневого блока

Таблица 3. Характеристики некоторых штаммов шиитаке (SAC02, Бельгия)

Параметр		Штаммы			
		3102	**3776**	**3710**	**3770**
Рекомендуемая субстратная композиция	Опилки, %	80	80	80	80
	Зерно злаков, %	10	10	10	10
	Отруби, %	10	10	10	10
	Влажность, %	62–63			
Рекомендуемая масса блока, кг		3–4			
Стерилизация	Температура, °С	121			
	Экспозиция, ч	1,5–2			
Норма внесения мицелия, %		1			
Инкубация	Температура воздуха в помещении, °С	23			
	Температура субстрата, °С	25			
	Длительность, сут	20	12–15	13–15	
Фаза созревания	Температура воздуха в помещении, °С	18...20			17...19
	Длительность, сут	25–35	60–70	65–70	70–80
Индукция плодоношения		Перенос блоков в камеру плодоношения			
Плодоношение	Температура воздуха в помещении, °С	16...20	16...18		14...17
	Относительная влажность воздуха, %	85			
	Концентрация CO_2, ppm	2000–3000			
	Освещенность, люкс	500–1000			
Волны плодоношения	Количество, шт.	3–5			
	Интервал, дней	8	10–15	12–14	14–16
	Температура воздуха между волнами, °С	20...22		19...21	
	Индукция плодоношения	Замачивание или полив блоков в течение 12 ч			
Общая урожайность грибов, г/кг свежего субстрата		170–220	180–220	170–220	190–220

на сходную среду. Посевная норма такого мицелия обычно высокая и составляет 5–7% от массы субстрата.

Зерновой мицелий состоит из отдельных обросших мицелием зерновок пшеницы, ржи или проса. Зерновой мицелий легко измельчается, хорошо распределяется в субстрате. Кроме того, зерновка служит дополнительным источником питательных веществ для мицелия шиитаке. Норма посева зернового мицелия — 2%.

Для успешного культивирования шиитаке, как и любых других видов грибов, необходимо руководствоваться теми штаммовыми характеристиками, которые вам предоставляет производитель мицелия (табл. 3).

Следуя перечисленным выше рекомендациям, можно получить максимальный выход грибов за кратчайший период времени.

ИНКУБАЦИЯ

Во время инкубации или разрастания мицелия происходят колонизация опилочного субстрата, его расщепление ферментами гриба и накопление мицелием шиитаке питательных веществ для плодоношения. Оптимальная температура для инкубации — 25°С. Емкости с субстратом размещают на стеллажах поодиночке или ставят друг на друга в

шахматном порядке в 2–3 ряда. Главное, чтобы не было перегрева субстрата. Температура, превышающая 28...30˚С, может привести к ослаблению мицелия шиитаке, и тогда возникнет опасность поражения субстрата конкурентными плесенями, типа *Trichoderma, Mucor* и др. В течение всего периода инкубации субстрат находится в закрытых пакетах, поэтому влажность воздуха в этот период не регулируется.

Мицелий шиитаке сначала колонизирует субстрат, а затем довольно долго осваивает его питательные вещества. В целом инкубация может длиться от 20 до 40 дней в зависимости от штамма, субстратной формулы, нормы посевного мицелия и т. п. После полной колонизации субстрата блок становится белым. Это фаза **«белого блока»**. Затем на блоке появляются различной формы мицелиальные вздутия («узелки») белого цвета. Далее блок становиться коричневатым, что говорит о начале процесса созревания. Обычно на 40-й день блок становится полностью коричневым. Это стадия **«коричневого блока»** (рис. 1). И это значит, что он созрел для плодоношения. Появление коричневой окраски вызвано активностью фермента полифенолоксидазы, которая действует сильнее на свету или в присутствии кислорода. Коричневый мицелий формирует защитную оболочку на поверхности субстрата, которая предохраняет блок от высыхания и внедрения конкурентных организмов.

При плохой термической обработке в субстрате бурно развиваются бактерии или плесени, делая невозможным разрастание мицелия шиитаке. Любые повреждения пакетов, возникающие до полной колонизации субстрата, дают возможность проникнуть в субстрат конкурентным микроорганизмам. Особенно опасны такие плесени, как **триходерма (зеленая плесень) и нейроспора (оранжевая плесень)**, поэтому обращаться с пакетами надо аккуратно, чтобы не нарушить их целостность, в частности они не должны касаться острых поверхностей. При таком способе (когда инкубационный процесс проходит внутри пакетов) попадание конкурентных организмов в субстрат исключено.

Однако есть и другой способ культивирования: субстрат инкубируют в пакетах 3–4 недели до полной колонизации, затем мешки удаляют и субстратные блоки в стадии «белого» блока переносят в чистую камеру, где субстрат коричневеет и образует примордии. Такой тип выращивания требует большего внимания к защите субстратных блоков от вредителей и патогенов. В период инкубации блоки можно освещать по 6–8 ч/сут с интенсивностью 50–100 люкс для стимуляции появления примордиев в конце инкубации.

ПЛОДОНОШЕНИЕ

После инкубации коричневые блоки с примордиями или без них переносят в камеру плодоношения. С блоков снимают пакеты и расставляют на стеллажах поодиночке — так, чтобы плодоношение было со всех сторон блока (рис. 2). Стеллажи должны быть сетчатыми, тогда не происходит локального переувлажнения субстрата и он подсушивается со всех сторон. Очень важно поддерживать оптимальные условия микроклимата в камере плодоношения. Если в период инкубации мицелий шиитаке хорошо разрастался при высокой концентрации CO_2 в пакетах (до 10%, или 100 000 ppm), то в период плодоношения уровень CO_2 в воздухе не должен превышать 0,2%, или 2000 ppm. Для этого помещение вентилируют свежим воздухом. Для создания равномерных условий климата в камере применяют рециркуляцию воздуха. В смесительной камере рециркуляционный воздух смешивается со свежим и поступает в камеру через полиэтиленовый раздаточный рукав с форсунками.

Для нормального плодоношения шиитаке нуждается в освещении. Наиболее активная часть спектра — 370–420 нм. Интенсивность освещения должна находиться в пределах 100–200 люкс, а длительность — 8–12 ч/сут.

Температура в камере плодоношения поддерживается на уровне 14...20˚С в зависимости от фазы плодоношения и штамма шиитаке. Относительная влажность воздуха должна быть высокой (80–95%) в начале плодоношения и низкой (50–70%) в период сбора грибов. В отличие от вешенки для шиитаке требуется меньшая относительная влажность воздуха в период плодоношения и меньшая вентиляция, обеспечивающая относительно высокий уровень CO_2 (0,2–0,3%). Грибы шиитаке имеют более прочную кутикулу, чем вешенка, они более устойчивы к колебаниям влажности воздуха.

Урожайность шиитаке достигает 20–30% от массы субстрата, а в некоторых случаях (очень обогащенные субстраты) доходит до 40–50%. Бывает от 3 до 6 волн плодоноше-



Рис. 3. На стадии плодоношения происходит созревание и рост грибов от примордиев до крупных плодовых тел

ния. Плодоношение заканчивается, когда блоки начинают рассыпаться.

Плодоношение шиитаке состоит из нескольких повторяющихся фаз:

- *индукция плодообразования;*
- *плодообразование (образование примордиев);*
- *плодоношение;*
- *период покоя (между волнами плодоношения).*

Совокупность этих фаз составляет цикл плодоношения. Каждая фаза требует особых условий микроклимата.

Индукция 1-й волны плодоношения происходит при перемещении блоков из камеры инкубации в камеру плодоношения. При этом температура субстрата снижается с 25°С до 14...18°С, а уровень CO_2 — с 100 000 ppm внутри пакета до 1000–2000 ppm в воздухе камеры. Дополнительное стимулирующее действие оказывает освещение с интенсивностью 100–200 люкс в течение 8–12 ч.

Индукция 2-й волны и последующих волн проводится путем замачивания субстратных блоков в воде на 12–48 ч при температуре 10...16°С. Влажность субстрата при этом возрастает до 75–80%. При замачивании блоков, с одной стороны, происходит вымывание из субстрата ингибиторов плодоношения и с другой — восстанавливается водный баланс (запас). Для замачивания блоков необходимо использовать чистую воду или дезинфицировать ее препаратами хлора. Новые блоки должны замачиваться отдельно от старых или пораженных болезнями. Баки для замачивания дезинфицируют до и после загрузки блоков. После замачивания блоки подсушивают в течение нескольких дней. Когда влажность субстрата падает до 65%, начинается процесс плодообразования.

После индукции начинается образование примордиев, которые прорываются через коричневую кожицу блока. На этой стадии низкая влажность воздуха, слишком интенсивное испарение, высокая температура могут вызвать повреждение и абортивность примордиев. В этом случае они не развиваются в нормальные плодовые тела. Чрезмерное подсушивание блоков может привести к гибели мицелия или примордиев. На мицелии сначала развиваются слабопатогенные плесени (*Penicillium*), а затем настоящие патогены, вроде *Trichoderma*. Поддержание слишком высокой влажности воздуха в камере (более 95%) также чрезвычайно опасно, так как может привести к вспышке бактериальной и плесневой инфекций. Оптимальная влажность воздуха в период плодообразования — 90–95%. Температура воздуха для холодолюбивых штаммов — 16°С, а для теплолюбивых — 21°С. Вентиляция свежим воздухом должна быть умеренной, чтобы поддерживать CO_2 на уровне 2000–3000 ppm.

На стадии плодоношения происходят созревание и рост грибов от примордиев до крупных одиночных плодовых тел (рис. 3). В этот период у грибов формируется защитная кутикула и можно существенно снижать влажность воздуха — до 70–80%. Во время сбора грибов влажность воздуха можно снизить еще больше — до 50–60%, тогда их качество существенно улучшается, удлиняется период хранения, лучше проходит транспортировка. Необходимо поддерживать средний уровень вентиляции, чтобы показатель CO_2 находился в пределах 1000–2000 ppm, а температуру немного поднимать — до 18...24°С.

После сбора грибов мицелий шиитаке должен накопить питательные вещества для последующего плодоношения. Для этого в период между волнами плодоношения температуру воздуха поднимают до 20...26°С, чтобы ускорить вегетативный рост мицелия. Проводят очистку блоков — удаляют остатки ножек грибов, абортивные примордии, небольшие инфицированные зоны — все отходы немедленно увозят с грибной фермы. Поверхность блоков подсушивают, снижая влажность воздуха до 50–60%. На этой стадии удобно проводить обработки против вредителей (мух, комариков) и болезней (плесени, бактерий).

На всех фазах плодоношения грибовод должен контролировать состояние блоков и вовремя удалять из камеры зараженные, которые могут стать источником заражения остальных блоков.

СБОР УРОЖАЯ

За 4–6 ч до сбора урожая влажность воздуха снижают до 60%. Это способствует образованию жесткой кожицы на поверхности шляпок, что существенно удлиняет срок хранения грибов. Собирать грибы предпочтительнее в период, когда они еще не полностью созрели и шляпки не стали уплощенными — стадия «технической зрелости». Качество грибов в этом случае намного выше. Избыточное увлажнение снижает качество грибов, при этом пластинки с нижней стороны шляпок становятся коричневыми (это может произойти, если шиитаке, выращиваемые в природных условиях, повреждают насекомые; в дальнейшем в этих местах может развиться бактериальная пятнистость). Плодовые тела срезают ножом или выкручивают, но так чтобы на субстрате не оставались остатки ножек, так как они, загнивая, будут привлекать насекомых или способствовать развитию плесеней.

СИСТЕМЫ ВЫРАЩИВАНИЯ

Для стабильной и прибыльной работы фермы по выращиванию шиитаке огромное значение имеет правильная планировка производственных помещений, неукоснительное соблюдение всех требований технологии и санитарно-гигиенических норм. Для этого ферма делится на различные производственные зоны, которые между собой разделены специальными барьерными тамбурами. Собственно производственный процесс происходит в камерах выращивания, которые должны иметь хорошую тепло-, паро- и гидроизоляцию, системы стеллажей, поддержания микроклимата, освещение, герметичные двери. Наиболее эффективной является многокамерная система, где камера за один раз загружается партией субстрата и в этой камере субстрат проходит все фазы развития без перемещения субстрата. Эта система позволяет эффективно контролировать состояние культуры, создавать оптимальные для каждой фазы условия микроклимата, проводить защитные мероприятия от вредителей и болезней.

Если у читателей возникнут вопросы, автор готов ответить на них по тел.: 8-050-300-22-40.